

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

JOHANNES C.A. OP DE BEEK ET AL

Serial No.: 10/022,125

Filed: OCROBER 30, 2001

X-RAY EXAMINATION APPARATUS

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231



Atty. Docket No.

NL000587

Group Art Unit: 2882

0300  
#4  
JPS  
DAVIS  
4/3/02

CLAIM FOR PRIORITY

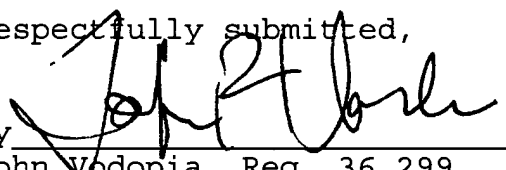
Sir:

A certified copy of the EUROPEAN Application No.  
00203827.1 filed NOVEMBER 2, 2000 referred to in the Declaration of  
the above-identified application is attached herewith.

Applicants claim the benefit of the filing date of said  
EUROPEAN application.

Respectfully submitted,

By

  
John Vodopia, Reg. 36,299  
Attorney  
(914) 333-9627

Enclosure

CERTIFICATE OF MAILING

It is hereby certified that this correspondence is being deposited with the  
United States Postal Service as first-class mail in an envelope addressed to:  
COMMISSIONER OF PATENTS AND TRADEMARKS  
Washington, D.C. 20231

On

By





Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

NL 000527  
US

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

00203827.1

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

I.L.C. HATTEN-HECKMAN

DEN HAAG, DEN  
THE HAGUE, 25/10/01  
LA HAYE, LE





Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

**Blatt 2 der Bescheinigung**  
**Sheet 2 of the certificate**  
**Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:  
Application no.:  
Demande n°: 00203827.1

Anmeldetag:  
Date of filing: 02/11/00  
Date de dépôt:

Anmelder:  
Applicant(s):  
Demandeur(s):  
Koninklijke Philips Electronics N.V.  
5621 BA Eindhoven  
NETHERLANDS

Bezeichnung der Erfindung:  
Title of the invention:  
Titre de l'invention:  
NO TITLE

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:  
State:  
Pays:

Tag:  
Date:  
Date:

Aktenzeichen:  
File no.  
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:  
International Patent classification:  
Classification internationale des brevets:

/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:  
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/TR  
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:  
Remarks:  
Remarques:

SEE FOR ORIGINAL TITLE OF THE APPLICATION  
PAGE 1 OF THE DESCRIPTION.



EPO - DG 1

1

01.11.2000

Röntgenonderzoekapparaat

02.11.2000

(67)

De uitvinding heeft betrekking op een röntgenonderzoekapparaat voorzien van

- een röntgenbron om een röntgenbundel uit te zenden met een centrale röntgenstraal langs een centrale bundellijn en
  - een röntgendetector om röntgenbeelden op te nemen waarbij
- 5        - de röntgendetector en de röntgenbron gezamenlijk om een rotatieas draaibaar zijn .

Een dergelijk röntgenonderzoekapparaat is bekend uit de Britse octrooiaanvraag **GB 2 315 395**.

- 10                Met het bekende röntgenonderzoekapparaat worden vanuit allerlei richtingen röntgenbeelden gemaakt van een te onderzoeken object. Elk van de individuele röntgenbeelden geeft het object vanuit een afzonderlijke oriëntatie weer. Door de röntgenbeelden snel achter elkaar voor opeenvolgende oriëntaties weer te geven wordt de indruk van een ruimtelijke weergave van het te onderzoeken object bereikt. Met het bekende
- 15        röntgenonderzoekapparaat lukt het niet om een werkelijke drie-dimensionale dataset van het te onderzoeken object te vormen.

- Een doel van de uitvinding is een röntgenonderzoekapparaat te verschaffen waarmee het mogelijk is om uit röntgenbeelden voor diverse oriëntaties een n Zo'n drie-
- 20        dimensionale dataset voegt aan posities in de drie-dimensionale geometrische ruimte dichtheidswaarden toe. nauwkeurige drie-dimensionale dataset van het object te reconstrueren.

Dit doel wordt bereikt met een röntgenonderzoekapparaat volgens de uitvinding dat is voorzien van

- 25        - een calibratiesysteem uitgerust met
- een calibratiefantoom en
  - een calibratie-controle eenheid ingericht om
  - bij verschillende, in het bijzonder in wezen tegengestelde, richtingen van de röntgenbundel afzonderlijke calibratiebeelden te maken en

- uit verschillen tussen de posities in de afzonderlijke calibratiebeelden van hetzelfde aspect van het afgebeelde calibratiefantoom de nulpuntoriëntatie van de röntgenbron met de röntgendetector te bepalen, waarin
- in de nulpuntoriëntatie de centrale bundellijn loodrecht op de rotatieas staat.

5 Om nauwkeurig de drie-dimensionale dataset van het te onderzoeken object, bijvoorbeeld van een te onderzoeken patiënt, te reconstrueren is het nodig nauwkeurig de nulpuntoriëntatie te calibreren. Bij de nulpuntoriëntatie staat de centrale bundellijn van de röntgenbundel loodrecht op de rotatieas van de rotatie waarover de röntgenbron en de röntgendetector samen om de te onderzoeken patiënt heen draaien. De röntgenbron is  
10 ingericht om een kegel- of waaivormige röntgenbundel uit te zenden. De centrale bundellijn is de longitudinale symmetrieas van de röntgenbundel. Door nauwkeurige instelling van de oriëntatie van de röntgenbron en de röntgendetector met de centrale bundellijn loodrecht op de rotatieas lukt het om er nauwkeurig voor te zorgen dat bij rotatie van de röntgenbron samen met de röntgendetector om de rotatieas, de centrale bundellijn en  
15 dus de centrale straal in de röntgenbundel in één plat vlak draait. Hierdoor lukt het om uit de röntgenbeelden bij de verschillende oriëntaties de drie-dimensionale dataset te reconstrueren zonder dat er daarbij artefacten worden geïntroduceerd met bekende reconstructie algoritmen die zijn ontworpen in de computer tomografie. Volgens de uitvinding lukt het met name om artefacten in de vorm van zogeheten '*streaks*' en onscherpten in de 3D dataset te vermijden.  
20 Door nauwkeurige instelling van de oriëntatie van de röntgenbron en de röntgendetector met de centrale bundellijn loodrecht op de rotatieas wordt met name vermeden dat de centrale bundellijn langs een kegeloppervlak wentelt wanneer de röntgenbron met de röntgendetector om de rotatieas worden gedraaid. Bij zo'n beweging van de centrale straal over het kegeloppervlak zijn, als een nauwkeurige reconstructie al mogelijk is, bijzonder  
25 gecompliceerde reconstructie-algoritmen nodig.

Reconstructie-algoritmen om uit de twee-dimensionale projectiebeelden gevormd door de röntgenbeelden bij verschillende oriëntaties de drie-dimensionale dataset te reconstrueren zijn op zich bekend uit het artikel 'Practical cone beam algorithms' in J.Opt.Soc.Am. A6(1984)612-619 door L.A. Feldkamp et al. Resultaten die met zo'n  
30 algoritme zijn bereikt worden genoemd in het artikel '3D rotational angiography: clinical value in endovascular treatment' in Medica Mundi 43(1998)8-14 door J. Moret et al. Met name blijkt het mogelijk om uit twee-dimensionale subtractie projectiebeelden een drie-dimensionale reconstructie van het vaatstelsel van de te onderzoeken patiënt te maken. Deze toepassing wordt wel 3D-rotationele angiografie genoemd.



Volgens de uitvinding worden vanuit in wezen tegengestelde richtingen calibratiebeelden van het calibratiefantoom gemaakt. Door o.a. afwijking van de loodrechte oriëntatie van de centrale bundellijn op de rotatieas ontstaan er geringe afwijkingen van de exact tegengestelde richtingen. Zulke op zichzelf kleine afwijkingen blijken toch tot

5 aanzienlijke artefacten in de gereconstrueerde drie-dimensionale dataset te leiden. Wanneer de calibratiebeelden zijn gemaakt vanuit exact tegengestelde richtingen van de centrale straal is hetzelfde aspect van het calibratiefantoom in beide calibratiebeelden op dezelfde positie in de calibratiebeelden afgebeeld. Een afwijking tussen de positie waarin het betreffende aspect in de beide calibratiebeelden is afgebeeld is een nauwkeurige maat voor de afwijking van de

10 centrale bundellijn van de normaal op de rotatieas. Aan de hand van die afwijking is het gemakkelijk om de röntgenbron en de röntgendetector zo te verplaatsen dat de centrale bundellijn loodrecht op de rotatieas staat.

Een röntgenonderzoekapparaat volgens de uitvinding is vooral geschikt om te gebruiken in cardiologische toepassingen van de radiologie. Hierbij wordt een drie-

15 dimensionale reconstructie van het hart van de te onderzoeken patiënt gemaakt.

Deze en andere aspecten van de uitvinding worden verder uitgewerkt aan de hand van de volgende uitvoeringsvoorbeelden die zijn gedefinieerd in de afhankelijke Conclusies.

Bij voorkeur is het calibratiefantoom buiten het isocentrum, liefst zelfs zover

20 mogelijk uit het isocentrum dus dichtbij de röntgenbron of de röntgendetector. Het isocentrum ligt op het snijpunt van de centrale bundellijn en de rotatieas. In deze positie leidt een kleine afwijking van de loodrechte oriëntatie van de centrale bundellijn op de rotatieas tot een groot verschil tussen de posities waarin het betreffende aspect in de calibratiebeelden wordt afgebeeld. Zo lukt het om een hoge gevoeligheid voor kleine afwijkingen te bereiken.

25 Bij voorkeur worden de calibratiebeelden van twee zijden symmetrisch gemaskerd. Dit kan bijvoorbeeld door de elektronische beeldsignalen die de calibratiebeelden vertegenwoordigen deels zo te onderdrukken dat de onderdrukte delen symmetrisch ten opzichte van het midden van elk van de calibratiebeelden liggen. In de zo gemaskerde beelden is gemakkelijk na te gaan waar het betreffende aspect van het calibratiefantoom is

30 afgebeeld. Met name is zo gemakkelijk vast te stellen of en hoever het betreffende aspect van het calibratiefantoom uit het midden van het calibratiebeeld is afgebeeld. De gebruiker kan bijvoorbeeld zelf zien of het betreffende aspect in het midden van het calibratiebeeld wordt afgebeeld, maar het is ook mogelijk dat door automatische beeldbewerking te doen.

Bij voorkeur wordt als calibratiefantoom een liniaal met een schaalverdeling gebruikt. De schaalverdeling heeft een röntgenabsorptie die verschilt van de rest van de liniaal zodat de schaalverdeling duidelijk met röntgenstraling kan worden afgebeeld. Zo'n liniaal is duidelijk zichtbaar in de calibratiebeelden. Goede resultaten worden vooral

5 verkregen met een röntgentransparante liniaal waarop de schaalstreepjes en schaalcijfers in lood zijn uitgevoerd; zo'n liniaal wordt wel 'loodliniaal' genoemd. Als aspect aan de hand waarvan de oriëntatie van de centrale bundellijn wordt vastgesteld wordt liefst een maatstreepje met bijbehorende cijferaanduiding op de liniaal toegepast.

Ook andere objecten kunnen als calibratiefantoom worden toegepast en goed

10 herkenbare elementen van het fantoom zijn geschikt om toe te passen als het aspect aan de hand waarvan de calibratie volgens de uitvinding wordt gedaan.

Deze en andere aspecten van de uitvinding worden bij wijze van voorbeeld nader toegelicht aan de hand van de volgende uitvoeringsvoorbeelden en aan de hand van de

15 bijgevoegde tekening waarin

Figuur 1 een schematische opzet van de 3D-rotatieangiografie procedure toont

Figuur 2 schematisch een röntgenonderzoekapparaat toont waarin de uitvinding wordt toegepast en

Figuur 3 de opbouw van een torentje voor het calibratiefantoom toont.

20

Figuur 1 toont een schematische opzet van de 3D-rotatieangiografie procedure. Figuur 1 toont de röntgenbron 1 en de röntgendetector 2 in meerdere oriëntaties ten opzichte van de te onderzoeken patiënt 20. Zoals met de pijl is aangeduid worden de röntgenbron en de röntgendetector samen om de rotatieas 3 gedraaid. Bijvoorbeeld zijn

25 daartoe de röntgenbron en de röntgendetector beiden aan een statief, zoals een C-boog 20, opgehangen. Bij elk van de oriëntaties wordt een twee-dimensionaal projectiebeeld  $10_1-10_7$  gemaakt. Vaak zijn deze projectiebeelden subtractiebeelden die zijn verkregen door een van actueel projectiebeeld af te trekken van een eerder opgenomen maskerbeeld, zodat het subtractiebeeld nagenoeg alleen het verschil tussen het actuele projectiebeeld en het

30 maskerbeeld weergeeft. Op de projectiebeelden  $10_1-10_7$  worden met een correctie-eenheid 21 een aantal geometrische correctie toegepast om de projectiebeelden te corrigeren voor bekende beeldvervalsingen zoals ton- en kussenvervalsing die vooral optreden wanneer als röntgendetector een röntgenbeeldversterker met een televisiecamera wordt gebruikt. Met een reconstructie-eenheid 22 wordt uit de projectiebeelden  $10_1-10_7$  de drie-dimensionale dataset

23 gereconstrueerd. Deze drie-dimensionale dataset wordt weergegeven op bijvoorbeeld een monitor 24 die geschikt is om (quasi) ruimtelijk de drie-dimensionale dataset weer te geven.

Figuur 2 toont schematisch een röntgenonderzoekapparaat waarin de uitvinding wordt toegepast. De röntgenbron 1 en de röntgendetector 2, hier uitgevoerd als röntgenbeeldversterker, zijn opgehangen aan een statief, hier een C-boog 20. De C-boog 20 is beweegbaar door een slob 30 waarbij de röntgenbron 1 en röntgendetector 2 gezamenlijk draaien in het vlak van tekening. Deze beweging wordt wel de rol-rotatie genoemd. De slob 30 is ook draaibaar om de rotatieas 3 waarbij de röntgenbron 1 met de röntgendetector 2 dwars op het vlak van de tekening draaien; deze laatste rotatie wordt wel de 'propellerbeweging' genoemd. Vooral in de cardiologie biedt deze propeller beweging de mogelijkheid om een drie-dimensionale reconstructie met hoge diagnostische kwaliteit van het hart van de te onderzoeken patiënt te maken.

Om de calibratie volgens de uitvinding te doen wordt het calibratiefantoom 6 op een torentje 19 gelegd. Het torentje 19 is op de patiënttafel 31 geplaatst. Zo komt het calibratiefantoom buiten het isocentrum 9 en in de getekende situatie dicht bij de röntgenbeeldversterker 2. Onder controle van de calibratie-controle eenheid 7 wordt een röntgenbeeld, dat is het eerste calibratiebeeld van het calibratiefantoom gemaakt. Vervolgens wordt, ook onder controle van de calibratie-controle eenheid 7 de C-boog 20 om de rotatieas 3 over 180° gedraaid dan zijn de röntgenbron 1 en de röntgendetector van positie gewisseld en ligt het calibratiefantoom 6 dicht bij de röntgenbron dan bij het isocentrum 9. Onder controle van calibratie-controle eenheid 7 wordt opnieuw een röntgenbeeld, het tweede calibratiebeeld, van het fantoom gemaakt. Door in beide calibratiebeelden te vergelijken of de afbeelding van het calibratiefantoom relatief is verschoven wordt nagegaan of de centrale bundellijn 4 nauwkeurig loodrecht op de rotatieas 3 staat. Dit kan op het oog worden nagegaan door beide calibratiebeelden op de monitor 24 weer te geven.

In een hedendaags röntgenonderzoekapparaat worden de calibratie-controle eenheid 7 en de correctie-eenheid 21 met de reconstructie-eenheid 21 veelal opgenomen in een programmeerbare processor 25. Bijvoorbeeld kan het resultaat van de calibratie, de nulpuntoriëntatie, in een geheugen van bijvoorbeeld een calibratie-controle eenheid worden opgeslagen. Zo is de nulpuntoriëntatie gemakkelijk opnieuw op te roepen.

Figuur 3 toont de opbouw van het torentje voor het calibratiefantoom. Bij voorkeur wordt het torentje 19 gebouwd met meerdere in elkaar passende op elkaar gestapelde bouwelementen die bijvoorbeeld op zich bekend zijn uit speelgoedtorens. Wanneer het torentje niet in gebruik is, wordt het eenvoudig uit elkaar genomen en

opgeborgen zonder veel ruimte in te nemen. Zo ligt het torentje ook niet in de weg wanneer het na de calibratie niet wordt gebruikt. Met name het bovenste bouwelement is voorzien van een uitsparing waar het calibratiefantoom, zoals de loodliniaal 6 nauwkeurig in past. Het eenvoudigst is het om alle bouwelementen van zo'n uitsparing te voorzien, dan is het niet

5 nodig om bij het in elkaar zetten van het torentje het bovenste bouwelement apart te op zoeken. In de praktijk blijkt een torentje van 36cm hoogte goed te voldoen met dat met vier grotere 35 en vier kleinere 36 perspex bouwelementen is opgebouwd.

## CONCLUSIES:

(67)

1. Een röntgenonderzoekapparaat voorzien van
  - een röntgenbron (1) om een röntgenbundel (8) uit te zenden met een centrale röntgenstraal langs een centrale bundellijn (4) en
  - een röntgendetector (2) om röntgenbeelden op te nemen waarbij
- 5 – de röntgendetector (2) en de röntgenbron (1) gezamenlijk om een rotatieas (3) draaibaar zijn en
- een calibratiesysteem (6,7) uitgerust met
  - een calibratiefantoom (6) en
  - een calibratie-controle eenheid (7) ingericht om
- 10 – bij verschillende, in het bijzonder in wezen tegengestelde, richtingen van de röntgenbundel afzonderlijke calibratiebeelden te maken en
- uit verschillen tussen de posities in de afzonderlijke calibratiebeelden van hetzelfde aspect van het afgebeelde calibratiefantoom de nulpuntoriëntatie van de röntgenbron met de röntgendetector te bepalen, waarin
- 15 – in de nulpuntoriëntatie de centrale bundellijn (4) loodrecht op de rotatieas (3) staat.
2. Een röntgenonderzoekapparaat volgens Conclusie 1, waarvan de rotatieas en de centrale bundellijn elkaar in een isocentrum (9) snijden en
- 20 – waarin voor het maken van de calibratie-röntgenbeelden het calibratiefantoom buiten het isocentrum is geplaatst.
3. Een röntgenonderzoekapparaat volgens Conclusie 2 waarin voor het maken van ten minste één van de calibratie-röntgenbeelden de afstand van het isocentrum tot het
- 25 calibratiefantoom groter is dan de afstand van de röntgendetector tot het calibratiefantoom.
4. Een röntgenonderzoekapparaat volgens Conclusie 1, waarin
  - de röntgendetector is ingericht om uit de calibratie-röntgenbeelden elektronische calibratie-beeldsignalen af te leiden

- de calibratiecontrole-eenheid is ingericht om electronisch gedeelten van de elektronische calibratie-beeldsignalen te onderdrukken waarbij de onderdrukte delen symmetrisch ten opzichte van het centrum van de calibratiebeelen liggen
  - aan de hand van de gedeeltelijk onderdrukte elektronische beeldsignalen gemaskerde
- 5 calibratiebeelden weer te geven en aan de hand van de gemaskerde calibratiebeelden de nulpuntoriëntatie te calibreren.

5. Een röntgenonderzoekapparaat volgens Conclusie 1, waarin het  
calibratiesysteem een torentje met meerdere in elkaar passende bouwelementen omvat om  
10 het calibratiefantoom te dragen.

## ABSTRACT:

An x-ray examination apparatus comprises an x-ray source (1) for emitting an x-ray beam (8) with a central x-ray along a central beamline (4). There is also provided an x-ray detector (2) to pick-up x-ray images. The x-ray source (1) and the x-ray detector (2) are rotatable together around an axis of rotation (3). The x-ray examination apparatus is provided with a calibration system (6,7). From different, preferably opposite, directions of the x-ray beam (8) there are formed calibration images of the calibration phantom (6). From differences in positions in the respective calibration images of the same aspect of the calibration phantom the zero-orientation of the x-ray source (1) with the x-ray detector (2) is derived. In the zero-orientation, the central beamline (4) is perpendicular to the axis of rotation (3).

Fig. 2





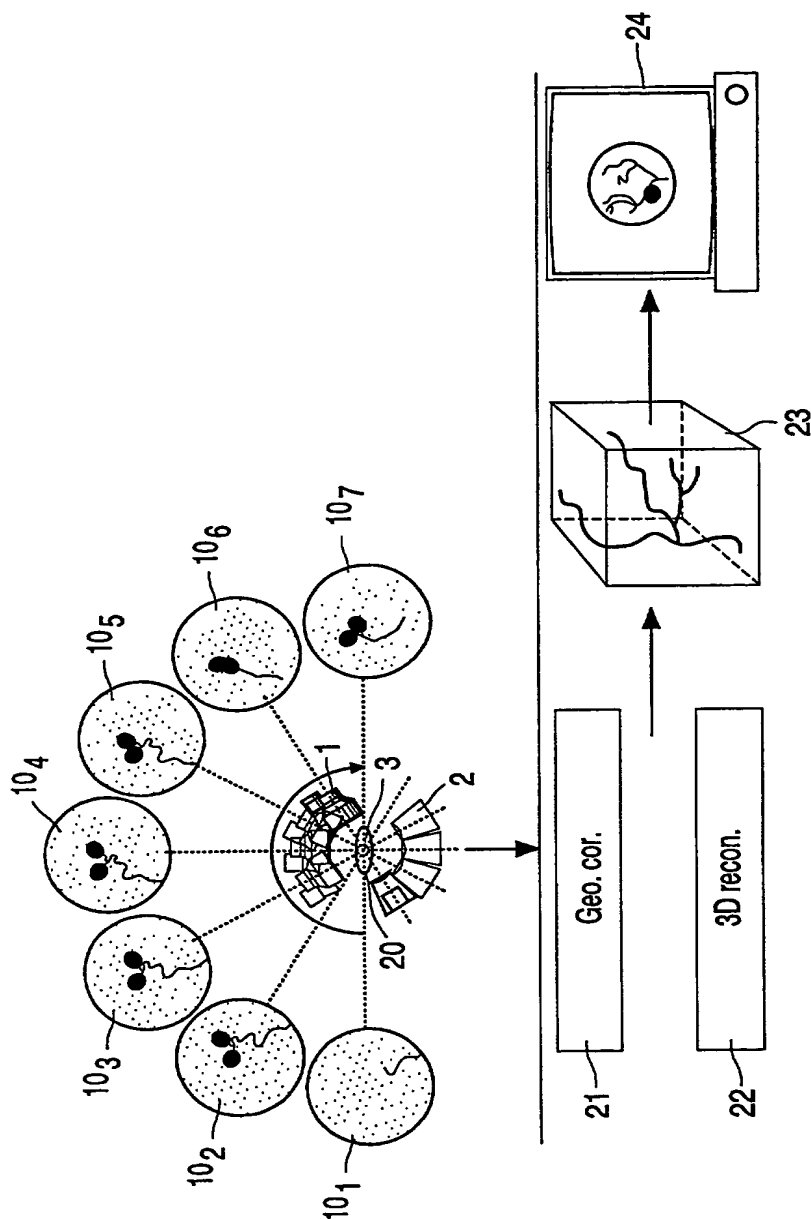


FIG. 1

2/3

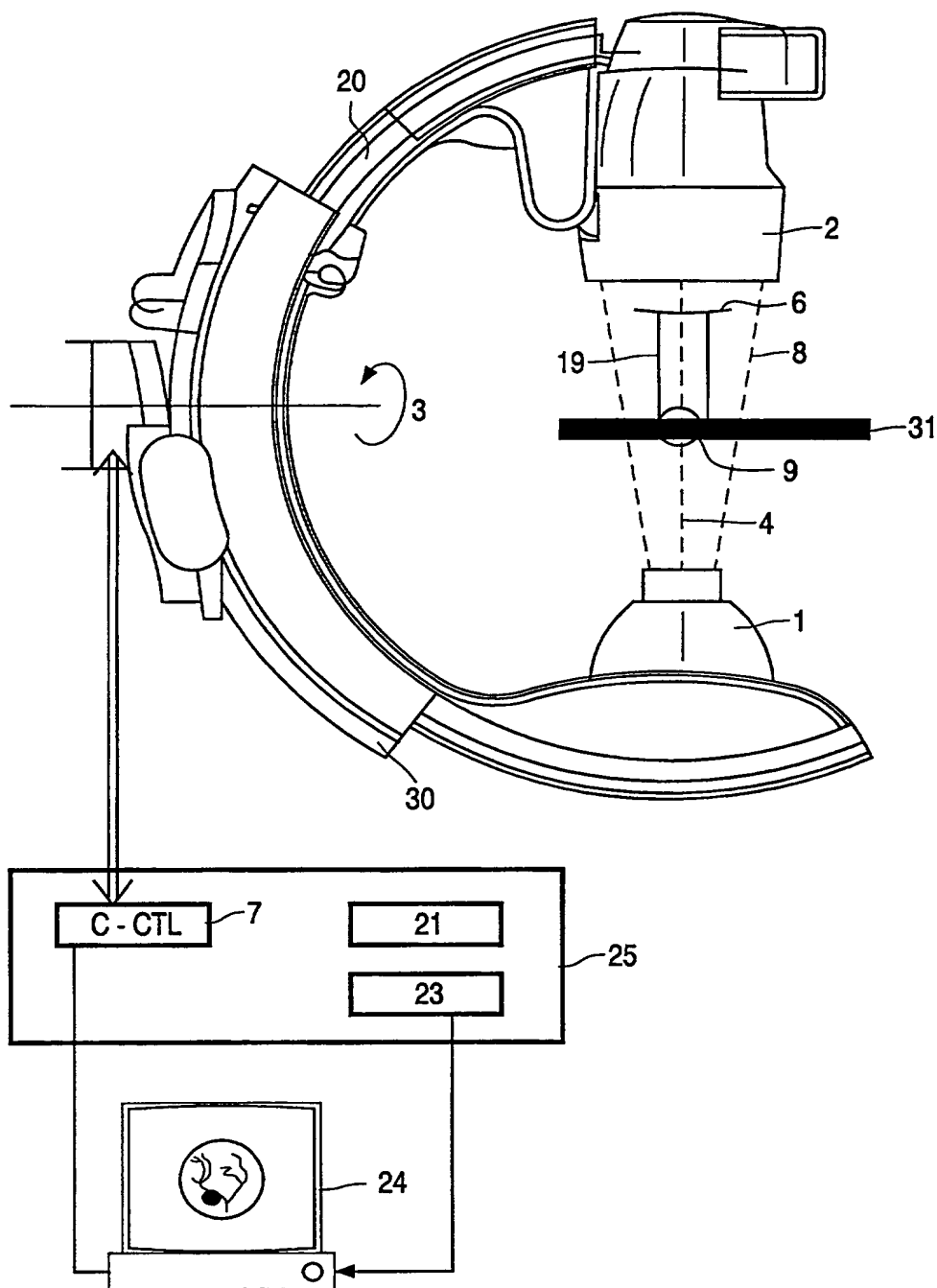


FIG. 2

3/3

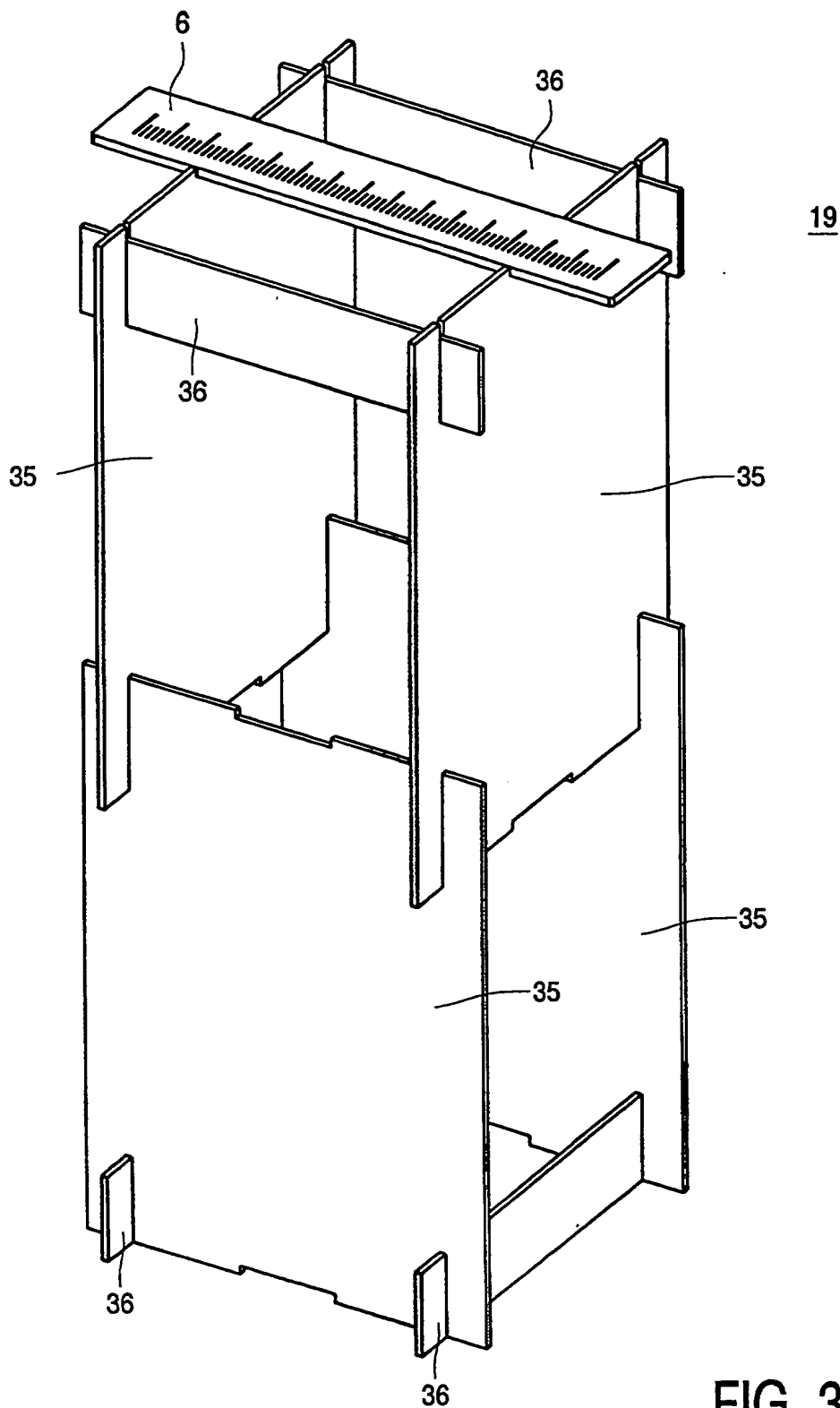


FIG. 3

